

Title	地震時における室内被害と人体生理機能変化に基づく建物機能損失(Abstract_要旨)
Author(s)	吉澤, 睦博
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2017-01-23
URL	http://hdl.handle.net/2433/218013
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

京都大学	博士（工学）	氏名	吉澤 睦博
論文題目	地震時における室内被害と人体生理機能変化に基づく建物機能損失		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文では、建物の地震時性能に対する社会ニーズが、人命の安全はもとより地震後の建物の機能維持へと変わりつつある背景を踏まえ、地震時の室内被害の軽減に着目し、構造躯体、非構造部材、建築設備、家具什器による被害、及びそれらの相互干渉によって生じる被害のメカニズムを実験結果や被害調査結果より示し、地震後にも機能維持できる室内空間を設計するための事項を明らかにしている。また建物の機能維持に関しては、当然のことながら人命の確保から地震後の生理機能維持までを対象とした検討も求められることから、地震時に建物利用者の安全確保のために提供できる情報についても分析を加えた。本論文は下記に示す全 6 章から構成されている。</p> <p>第 1 章では、序論として、本研究の背景と関連する既往の研究と現状の問題点、論文全体の構成について述べている。</p> <p>第 2 章では、日本で最も認知されている防災指標である気象庁震度について、建物の室内被害を評価する目的で活用する場合を想定し、建物内で観測された地震記録に基づいて考察している。建物の一次固有周期が 0.6～3.5 秒の範囲にある 6 棟の建物（RC 造 2 棟、S 造 4 棟）の上層階と下層階の観測記録を用いた検討から、建物上層階の計測震度は建物下層階の計測震度に対する増分で評価できることを示している。また上層階の震度増分の予測式を応答スペクトル法により提案し、予測式が観測記録の震度増分を回帰した式よりも安全側に評価していることを確認している。さらに建物内震度による情報を室内被害の低減に使うために緊急地震速報の活用を提案し、特に上層階と下層階で揺れの違いが大きくなる高層建物に対しての導入事例を紹介している。導入事例では長周期地震動成分の距離減衰式を併用した処理を組み込み、計測震度で過小評価しがちな長周期地震動による応答も含め、安全確保の信頼性向上の可能性を示している。</p> <p>第 3 章では、建物の室内空間を実大規模でモデル化した振動台実験の結果から、非構造部材、建築設備、家具什器の応答が室内被害に与える影響を検討している。実大規模の鉄骨フレームで構成される架構にオフィスビルの用途を想定した非構造部材、建築設備、消防設備、家具什器を配置し、当該架構に 31 階の高層建物の揺れと 4 階の低層建物の揺れを入力している。高層建物モデルと低層建物モデルの実験結果から、極めて稀に発生する地震動レベルで、特に建物の 1 次固有周期付近に卓越周期を有する入力に対しても、天井の鋼製下地の振れ止め、家具の転倒防止、コピー機の移動防止などにより、室内被害が飛躍的に軽減することを実証している。</p> <p>また一連の振動台実験により、架構に組み込まれた非構造部材、建築設備、家具什器の性能を確認している。ラインタイプとグリッドタイプのシステム天井については、耐震対策がない場合でも稀な地震レベル（震度 5 強）の入力に対して機能維持すること、極稀な地震レベル以上の入力に対しては、グリッドタイプの方の耐震性がより高いことを確認している。家具の転倒については、既往研究の家具の転倒限界曲線について実験結果との整合性を確認するとともに、家具の転倒対策を施した場合でも家具の共振によ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	吉澤 睦博
<p>り収納物の飛び出しなどが発生し、人の安全確保の面から被害想定事象として扱うことの重要性を指摘している。</p> <p>第4章では、2011年東北地方太平洋沖地震で被災した低層RC建物の被害状況から復旧工事の過程までの分析に基づいて、主として非構造部材や建築設備の損傷によって引き起こされた建物の機能損失について、その要因を詳細に検討している。対象建物の構造計算書に基づいて設定した地震応答解析モデルの応答解析結果から、対象建物では1/200を超える層間変形が発生した可能性があり、それが間仕切壁の仕上げの損傷を発生させたこと、天井面から剥落した空調吹き出し口に取り付く吊り式設備が建物の1次固有振動と共振した可能性があること、配管破断による漏水で天井ボードの水損を引き起こした建築設備は数100mmの変位を被った可能性があることを指摘している。また吊り式の設備機器の耐震設計では、設計用震度に対する検討に加えて、振動特性を考慮した設備機器の応答変位を考慮す必要性を明らかにした。また応答解析結果の応答値を既往の建物被害関数に適用した損失評価を実施し、復旧工事費用との照合から当該被害関数の妥当性を検証した。</p> <p>第5章では、長周期地震動下での高層建物の長時間の揺れや多数回にわたる余震による揺れが人の運動生理機能に与える影響を、自動車や船などの乗り物の中での全身振動被曝による運動生理機能への影響を評価するISO 2631-1の手法を援用して評価した。東日本大震災の後に建物居住者に対して実施されたアンケート結果を参照して、ISO 2631-1を用いると人の運動整理機能の低下を過小評価する傾向にあることを指摘したうえで、評価手法の改良案を提案している。また、余震が人に与える影響については、2日間にわたる24時間連続の地震記録をに対して、ISO 2631-1による快適性評価、船酔い評価を用いて検討し、本震時の強震時に被曝した振動量が余震時の人の運動生理機能に与える影響が最も大きいことを明らかにしている。これらの検討により、人の運動生理機能に与える影響を評価する指標として、計測震度などの地震動の最大値による指標だけでなく、振動被曝時間を考慮した指標が必要であることを指摘している。</p> <p>第6章では、各章で得られた知見をまとめている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

地震時における建物の機能維持は、構造体の被害だけではなく室内被害にも依存する。室内被害に直結する非構造部材、建築設備、家具什器など個々の損傷評価指標は多様であり、また個々の応答が相互干渉することもある。室内被害の評価は容易ではない。本論文では、実大規模の振動台実験結果や被災建物の調査結果に基づいて、室内を構成する個々の要素の地震時性能の検証に立脚した室内被害評価法を提案する他、地震時における館内者の生理機能とその低下までを考慮した建物応答評価指標を提案している。これらの提案について検討した本論文は、次の点で際立っている。

- (1) 室内被害を評価する情報として気象庁震度に着目し、建物上層階の計測震度は下層階の計測震度からの増分で評価できることを見出した。また緊急地震速報に建物内の震度と長周期地震動による揺れ予測を適用して、上層階と下層階の揺れが顕著に異なる高層建物に対し、緊急地震速報情報をより合理的に利用できることを示した。
- (2) オフィスビルの用途を想定した非構造部材、建築設備、消防設備、家具什器を配置した実大規模の振動台実験結果から、個々の耐震対策によって、極めて稀な地震レベルの揺れに対しても室内被害を大幅に軽減できることを確認した。また観測した床応答加速度から算出した計測震度による被害レベルと実験による室内被害を比較し、低層建物の場合は両者の対応がよいこと、高層建物の上層階では、長周期地震動成分が卓越する入力の場合は、計測震度は室内被害を過小評価する傾向にあることを明らかにした。
- (3) 構造被害は軽微であるものの、非構造部材・建築設備の損傷により建物機能が長期間にわたって低下した事例を取り上げ、その被災直後から復旧工事の過程を詳細に分析し、吊り式の建築設備の地震時応答が、非構造部材の損傷や復旧工事費用に大きな影響を与えることを実証した。
- (4) 長周期地震動による超高層建物の長時間の揺れや、繰り返し発生する余震が人の運動生理機能に与える影響として、地震酔いを取り上げ、全身振動に対する人体暴露評価に関する ISO 2631-1 の手法を応用して、嘔吐率のレベルを評価できることを示した。

以上、大地震時における建物機能の維持を目的に、オフィスビルの室内被害評価法を提案するとともに、建物応答が人体に与える影響にも詳細な考察を加えた本論文は、多様化する地震後要求性能の評価とその精緻化や、地震後の建物の減災支援に大いに寄与する内容である。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 28 年 12 月 19 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。